

DOI: 10.11830/ISSN.1000-5013.202309016



游径感知视角下传统村落 文旅空间景观质量分析

林逸珊, 杨鸿辉, 陈铮衍, 丁铮

(福建农林大学 风景园林与艺术学院, 福建 福州 350100)

摘要: 基于游径感知视角,以泉州市梧林传统古村落为例,通过灰色统计分析法对乡村景观要素进行初步排除,结合图像语义分割技术将景观要素定量分析,构建美景度多元线性回归模型,研究梧林传统古村落景观质量评价。结果表明:天空开阔度、土壤裸露度、传统乡村建筑占比、乡村传统建筑色彩占比、村落景观道路占比、绿视率、铺装占比这7个景观要素与梧林传统古村落景观美景度显著相关;美景度模型结果显示具有高贡献率的3个主要因子依次是天空开阔度(0.387)、土壤裸露度(0.235)、传统乡村建筑占比(0.233);高美景度评价场景特征要素占比为天空开阔度26%~50%、土壤裸露度2%~5%、传统乡村建筑10%~30%;低美景度评价场景最突出特征为植被种类单一、道路设施风格与周围景观不协调、空间尺度感过大的景观空间;梧林传统古村落文旅空间景观质量存在空间分异性,主要受到空间要素、自然要素、建筑要素的共同影响。

关键词: 乡村文旅空间; 游径感知视角; 景观质量评价; 图像语义分割; 美景度评价法; 梧林传统古村落

中图分类号: TU 986

文献标志码: A

文章编号: 1000-5013(2024)03-0370-13

Analysis on Landscape Quality of Cultural Tourism Space in Traditional Villages Under Trail Perception Perspective

LIN Yishan, YANG Honghui, CHEN Zhengyan, DING Zheng

(School of Landscape Architecture and Art, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350100, China)

Abstract: Based on trail perception perspective, taking Wulin traditional ancient villages in Quanzhou City as an example, the grey statistical analysis method is used to preliminarily exclude rural landscape elements, and combined with image semantic segmentation technology, the landscape elements are quantitatively analyzed and a multiple linear regression model for scenic beauty is constructed to study the landscape quality evaluation of Wulin traditional ancient villages. The results show that seven landscape elements, including sky width, soil exposure, proportion of traditional rural buildings, proportion of traditional rural building colors, proportion of village landscape roads, green visibility rate, and proportion of pavement, are significantly correlated with the scenic beauty of Wulin traditional ancient villages. The results of scenic beauty model show that the three main factors with high contribution rates are sky width (0.387), soil exposure (0.235), and the proportion of traditional rural buildings (0.233). The proportion of scene feature elements in high scenic beauty evaluation is 26%-50% of sky width, 2%-5% of soil exposure, and 10%-30% of traditional rural buildings. The most prominent characteristics of low scenic beauty evaluation are a single type of vegetation, a road facility style that is not coordinated with the surrounding landscape, and a landscape space with excessive spatial scale

收稿日期: 2023-09-28

通信作者: 丁铮(1968-),男,教授,主要从事景观规划与设计的研究。E-mail: dz0591@126.com。

基金项目: 中国农林高校设计艺术联盟专项资助项目(111900050)

sense. The landscape quality of cultural tourism space in Wulin traditional ancient villages has spatial differentiation, mainly influenced by the combined effects of spatial elements, natural elements, and architectural elements.

Keywords: rural cultural tourism space; trail perception perspective; landscape quality evaluation; image semantic segmentation; scenic beauty evaluation method; Wulin traditional ancient villages

随着社会经济的日益发展,乡村旅游成为振兴乡村的有效途径。文化景观是乡村文化的重要载体,而游客作为乡村文旅空间的主要使用者,是乡村景观的主要感知对象^[1]。乡村文旅空间景观的视觉感官应该在质量和数量上都具独特。对空间视觉品质进行量化评价,有助于实现乡村文旅空间景观品质优化工作的效益最大化,对均衡旅游者分布、优化旅游者体验等方面亦起到重要作用^[2]。

在游客的游径感知视角方面,何疏悦等^[3]以游径为视角研究美国国家公园的空间表征;张琳等^[4]基于游客和居民不同视角研究乡村景观地域特征感知,提出乡村景观地域特征保护的相关策略;丛昕等^[5]从游客感知的角度出发,研究中国古典园林景点热度感知与传播途径。在量化乡村空间视觉质量方面,可通过可见景观元素的比例评估视觉景观质量^[6]。黄竞雄等^[7]在对街道空间视觉品质的研究中,把各景观要素视觉参数聚合到地理要素中,建立地理信息数据库进行街道空间视觉品质评价。然而,当前研究主要集中在探讨乡村旅游景观的生态保护、文化传承、发展策略及乡村旅游与乡村景观之间的关系^[8-15],以游客游径视角入手构建乡村文旅空间景观的美景度模型,并赋予景观要素量化剖析传统村落文旅空间景观质量的研究仍较为欠缺。

福建省泉州市梧林传统古村落于 2021 年入选第三批全国乡村旅游重点村,是第四批被列入中国传统村落名录的村落。提升该传统村落景观质量仍为相关行业学者的重要课题。因此,本文基于游客的游径感知视角,以梧林传统古村落为例,通过灰色统计分析法对乡村景观要素进行初步剔除,并结合图像语义分割技术展开定量分析,建立美景度多元线性回归模型并用于梧林传统古村落景观质量评价。

1 研究区域概况

1.1 梧林传统古村落概况

梧林传统古村落位于福建省泉州晋江市,该村落是具有明显的闽南特色的乡村,同时也是闽南地区著名侨乡,有着浓厚的海丝文化底蕴,是中西合璧的传统村落。该村落以独特的侨乡建筑和闽南古厝吸引游客的眼球,具有多样且独特的文旅空间景观视觉资源。现有保存完整的百年建筑群和梧林社区现存的华侨建筑群,多是在上世纪初至抗日战争爆发前建成,现存 50 余栋^[16]。

1.2 主要游览路线景观节点分布格局

由于游览路线的选取与游客所选择的喜好度紧密相关^[17],且对梧林传统古村落的旅游发展建设有着重要指导作用。因此,根据该村落独有的物质空间景观、历史文化景观、自然景观等,分别选取梧林传统古村落的 2 条主要游览路线,同时依据路线中不同的空间景观特性进行系统性节点划分(图 1),并进行景观照片采集。



图 1 梧林传统古村落游览路线规划图

Fig. 1 Tour route planning map of Wulin traditional ancient villages

游览路线 1 选取梧林古村落的“意南洋”主题体验动线,其中包括朝东楼、德鑑楼、侨批馆等 20 多栋各具特色的南洋古建筑,引导游客感悟闽南华侨情系家园。游览路线 2 选取梧林传统古村落的“醉闽南”主题体验动线,串联起德抹宅、烧塔宅、怀纪宅、蔡氏宗祠等几十个极具闽南建筑风格的闽南古厝,让游客体验“活态闽南”的景观空间。

2 研究方法

2.1 梧林传统古村落景观照片采集

根据预实验调查结果和相关专家意见划分出 2 条主要游览路线,采集梧林传统古村落的景观照片,对梧林传统古村落文旅空间景观全貌进行分析。为保证景观采集质量,选取晴朗天气对 2 条主要路线的各类型景观空间进行拍摄,拍摄时间为 2023 年 7 月 16 日 10:00—14:00,利用三脚架固定相机高度为 1.6 m,取景以客观反映梧林传统古村落内的景观特征为原则。

为完整采集该村落景观空间图像,沿主要路线每间隔 10 m 采集 1 张照片。游览路线 1 共采集全景图像 77 张,游览路线 2 共采集全景图像 75 张。在剔除重复拍摄、光线较差、照片清晰度低、过多无必要景观空间因子的图像后,游览路线 1 筛选出 29 张可研究图像,游览路线 2 筛选出 32 张可研究图像,最终共获得 61 张图像,用于后期还原梧林传统古村落主要景观风貌的研究样本。

2.2 基于灰色统计分析法的梧林传统古村落景观要素筛选

2.2.1 要素初选 为确定景观要素与梧林古村落主要场景关联,需提取主要的相关景观影响因子,通过参考已有的乡村景观评价研究文献^[18-24],并结合梧林传统古村落文旅空间内景观的实际情况,最终从空间景观要素、自然景观要素、建设要素 3 个方面将该村落的主要景观特征归纳为 25 个初选景观要素,进而构建游客在乡村文旅空间景观视觉质量评价体系。

2.2.2 灰色统计分析法 灰色统计分析法能够对景观美景度的因子进行取舍,有效解决研究人员的知识结构局限,提高因子选择的科学性^[25]。从现有关于乡村景观特征的要素因子研究内容来看,各项内容具有一定的多标准、难确定性及难以量化等特点,针对这些不完整信息和数据的不确定性,灰色统计分析可以对景观要素因子通过比较、量化和序化,建立元素由不明确到明确的集合^[26],因此,采用灰色统计分析法能够有效提取适合该阶段乡村建设文旅空间景观的特有要素。

灰色统计分析的具体实验步骤如下。

1) 问卷调查。问卷采用李克特 7 级评分法,其中,第 1 级“非常不重要”~第 7 级“非常重要”表示阶梯状的重要程度。通过问卷星向风景园林、环境设计专家发放初选景观要素指标重要度意见,共收回有效问卷 20 份。

2) 建立灰类白化函数。运用该函数计算初选的梧林传统古村落景观要素,并进一步划分为高、中、低 3 个灰度级别。

3) 计算灰类决策系数。确定各要素的高、中、低 3 类灰度的决策系数。

4) 对比梧林传统古村落的各种景观特征要素的灰类决策系数,从中挑选出重要程度被评定为高的候选要素,将它们作为梧林传统古村落景观特征要素,并组合成评价指标体系。

2.3 图像语义要素量化分解

目前,基于深度学习的图像分割方法正成为主流,图像语义分割是图像处理和机器视觉一个重要分支^[27]。通过深度神经网络,从带有语义类别标签的数据中训练学习,提取图像特征,并最终实现图像像素的精确分类,从而更为精确地理解图像场景与内容。高分辨率表示学习在语义分割等许多视觉问题中起着至关重要的作用,HRNet V2^[28]在整个网络过程中保持高分辨率,通过维持一个多分辨率的并行,同时在并行中交换不同分辨率的信息,对低分辨率特征图上采样后与高分辨率特征图拼接,得到的特征在语义上更加丰富,在空间上更加精准。使用 ADE20K^[29]公开数据集对 HRNet V2 进行训练,ADE20K 由 27 000 张图像组成,拥有超过 3 000 个物体类别及 150 种类目标签,涵盖了室内、室外、自然等多种现实场景,数据集的标注包含 3 种视觉概念:1) 离散对象,具有明确定义的形状的事物,如汽车、人;2) 包含无定形背景区域的对象,如草、天空;3) 具有某种功能意义的现有对象实例的部分,如头部或腿部。利用训练的模型进一步获取梧林传统古村落各景观要素在图像中的像素面积分布比例,将

从单张景观图像中识别出的天空面积比例定义为天空开阔度, 植被面积比例定义为绿视率^[30]。采用 HRNet V2 进行景观图像语义分割的步骤和输出结果, 如图 2 所示。使用交并比(I_{ou})来衡量识别精度, 其计算式为

$$I_{ou}(A, B) = \frac{A \cap B}{A \cup B} \quad (1)$$

式(1)中: A 为人工提取景观要素所得的结果; B 为模型分割景观要素所得的结果。

语义分割模型训练阶段, 采用随机梯度下降(SGD)优化算法, 基于 NVIDIA GTX1080 Ti 通过 PyCharm 进行模型的训练与测试, epochs 和 batch size 分别设置为 50 和 4, 初始学习率为 0.02。

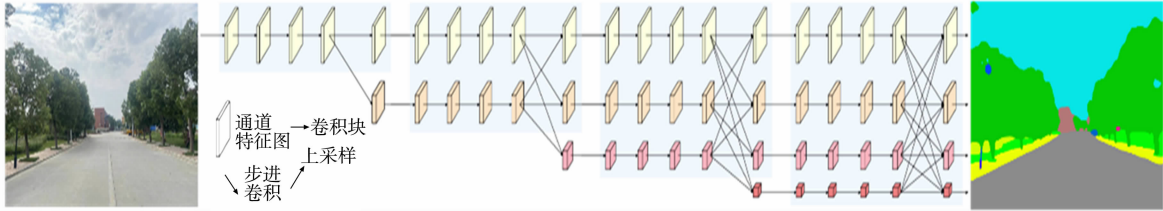


图 2 HRNet V2 图像语义分割模型图

Fig. 2 Diagram of HRNet V2 image semantic segmentation model

2.4 景观视觉质量评价与模型构建

2.4.1 美景度(SBE)评价法 美景度评价法是视觉景观质量评价方法中一种主要的心理物理模式评价方法, 最早由 Daniel 和 Boster 提出^[31]。它以照片(幻灯片)为评价媒介, 依据量化评价模型进行美景度评价, 由于其景观价值高低不是单纯依靠专家评判, 因此更能客观反映景观现象的实际接纳程度与美学价值^[32]。

基于美景度评价法进行梧林传统古村落文旅空间景观视觉质量评价的根本目的是充分利用其直接性评价的优势, 通过逐一对比梧林传统古村落文旅空间的景观视觉要素的美景度, 从而量化分析古村落文旅空间景观视觉质量构建的条理及其与各要素之间的关系; 同时, 以游客的视角为依据, 获取传统村落文旅空间景观视觉上构建的审美感知, 进而对传统村落文旅空间景观视觉质量构建进行量化分析, 探究在游客的游径视角下, 传统村落文旅空间景观构建的社会审美意向。研究成果亦可成为设计创新的重要参考, 从而更理性、充分地发掘其潜在的社会效益及美学价值, 并为环境心理学、建筑学、美学等多学科协同研究提供可能^[33]。

根据主要划分的游览路线, 分别邀请 220 位女性游客、278 位男性游客参与填写问卷, 参与填写问卷游客的年龄段主要集中在 25~35 岁, 少数为 45~65 岁。问卷内容采用李克特 7 级量表, 梧林传统古村落美景度评分标准, 如表 1 所示。游览路线 1 共邀请 241 名游客填写问卷; 游览路线 2 共邀请了 257 名游客填写问卷, 对梧林传统古村落的文旅景观空间(共 61 张照片)进行美景度评价。对回收问卷进行筛选, 最终得到游览路线 1 的有效问卷共 227 份, 游览路线 2 的有效问卷共 243 份。

表 1 梧林传统古村落美景度评分标准

Tab. 1 Scoring criteria of scenic beauty of Wulin traditional ancient villages

| 景观美景度 | 极不美观 | 很不美观 | 不美观 | 一般 | 美观 | 很美观 | 极美观 |
|-------|------|------|-----|----|----|-----|-----|
| 分值 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 |

2.4.2 美景度标准化计算 由于不同的评判者具有不同的审美尺度标准, 为处理所获得的有效美景度问卷分值, 需对回收的有效问卷分值进行标准化处理, 对评价得到的美景度值进行标准化^[34], 即

$$Z_{i,j} = \frac{R_{i,j} - R_j}{S_j} \quad (2)$$

式(2)中: $Z_{i,j}$ 表示第 i 张照片的标准化景观美景度由第 j 位评定者评定; $R_{i,j}$ 表示第 i 张照片由第 j 位评定者所给出的景观美景度值; R_j 表示第 j 位评定者对所有照片景观美景度评分的平均值; S_j 表示第 j 位评定者所有照片景观美景度评分的标准差。

2.4.3 模型构建 采用 SPSS 25.0 软件, 以景观照片的美景度值为因变量, 以灰色统计分析法筛选得到的景观要素作为自变量。在构建模型的过程中, 通过逐步回归分析方法筛选掉与美景度关联不显著

或相关性较低的景观要素,从而建立乡村文旅空间景观视觉质量最终美景度评价的多元线性回归模型。

3 研究结果与分析

3.1 基于灰色统计分析的梧林传统古村落景观要素筛选结果

通过灰色统计分析法对 24 个初选梧林传统古村落景观要素进行筛选,得到梧林传统古村落景观要素重要程度的筛选结果,如表 2 所示。剔除重要性不高的景观要素(可视区域面积、村落公共空间开发度、乡村风貌整齐度、乡村卫生整洁度、蓝视率、植物种类丰富度、古树名木占比、现代建筑占比、景观小品占比),最终筛选得到 15 个重要性程度为高的景观要素,对这 15 个景观要素进行梧林传统古村落景观视觉质量评价。

表 2 梧林传统古村落景观要素重要程度的筛选结果
Tab. 2 Selection results of importance level of landscape elements in Wulin traditional ancient villages

| 景观要素分类 | 初选景观要素 | 不同灰类的决策系数 | | | 重要性程度 |
|--------|------------|-----------|-------|------|-------|
| | | 高 | 中 | 低 | |
| 空间景观 | 天空开阔度 | 13.00 | 7.33 | 0.67 | 高 |
| | 视觉复杂度 | 10.67 | 9.33 | 1.00 | 高 |
| | 空间色彩丰富度 | 13.00 | 7.67 | 0.33 | 高 |
| | 可视区域面积 | 9.67 | 10.67 | 0.67 | 中 |
| | 村落公共空间开发度 | 7.67 | 10.33 | 3.00 | 中 |
| | 村落景观道路占比 | 10.33 | 9.33 | 1.33 | 高 |
| | 乡村风貌整齐度 | 8.33 | 11.00 | 1.67 | 中 |
| | 乡村卫生整洁度 | 8.67 | 11.00 | 1.33 | 中 |
| | 绿视率 | 10.67 | 9.00 | 1.33 | 高 |
| | 蓝视率 | 9.30 | 10.00 | 1.00 | 中 |
| 自然景观 | 树木种植占比 | 10.33 | 10.00 | 0.67 | 高 |
| | 植物种类丰富度 | 10.33 | 10.67 | 0.00 | 中 |
| | 植物生长程度 | 11.67 | 8.67 | 0.67 | 高 |
| | 土壤裸露度 | 14.67 | 6.33 | 0.00 | 高 |
| | 山水形态占比 | 14.00 | 6.33 | 0.67 | 高 |
| | 古树名木占比 | 8.67 | 12.00 | 0.33 | 中 |
| 建设景观 | 传统乡村建筑占比 | 10.33 | 8.33 | 2.33 | 高 |
| | 现代建筑占比 | 9.00 | 11.00 | 1.00 | 中 |
| | 乡村传统建筑色彩占比 | 12.33 | 7.00 | 1.67 | 高 |
| | 铺装占比 | 10.00 | 9.67 | 1.33 | 高 |
| | 铺装类型 | 10.56 | 8.00 | 2.15 | 高 |
| | 景观小品占比 | 7.67 | 11.00 | 2.33 | 中 |
| | 游憩设施占比 | 12.00 | 7.00 | 2.00 | 高 |
| | 游览导向占比 | 11.00 | 8.33 | 1.67 | 高 |

3.2 基于图像语义分割法的梧林传统古村落景观要素量化分析

采用训练后的 HRNet V2 语义分割架构来构建有效的图像语义分割模型,图像语义分割结果,如图 3 所示。该模型能够有效地对梧林传统古村落景观的各个要素进行分割。因此,将 2 条游览路线的图像注入模型中处理,并对分割结果进行整理和要素归纳,获取包括天空、乡村建筑、道路、绿植、游憩设施等在内的景观要素进行定量计算。





(d) 图像语义分割 1 (e) 图像语义分割 2 (f) 图像语义分割 3

图 3 图像语义分割结果

Fig. 3 Image semantic segmentation results

为检验模型对梧林传统古村落的识别精密度，随机选取 4 个场景作为样本展开 MIOU 分析验证，验证结果如图 4 所示。

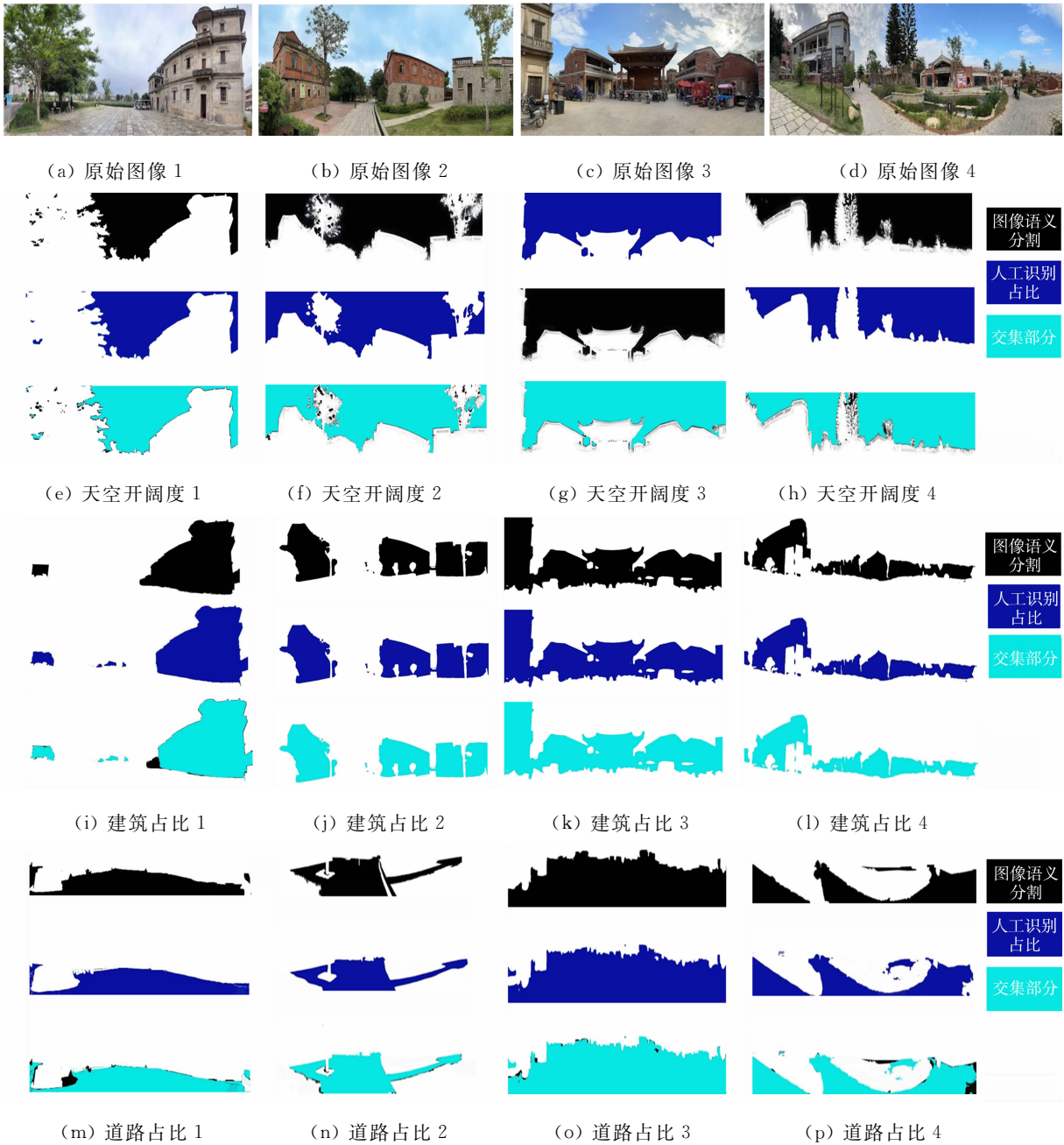


图 4 图像语义分割 MIOU 分析验证结果图

Fig. 4 Image semantic segmentation MIOU analysis verification result graphs

1) 根据图像语义分割得到的数值与相应的真实数据指标比较得出，由 ADE20K 公开数据集训练的 HRNet V2 模型对天空、建筑、道路的识别精度分别达到 93.83%，86.57%，81.55%，总体精准度为

87.60%，分割精度满足实验要求，在这个精度水平下，图像语义分割对各种要素的识别准确度相对较高，可以精确地对传统村落文旅空间景观图像进行量化分析，具有通用性。

2) 通过对比原始场景与 HRNet V2 的分割结果发现：HRNet V2 模型将铺装相同材质的地面和建筑墙面识别为一类，在语义分割任务中，类别之间的混淆是一个常见的问题，尤其是在不同类别事物存在相似纹理或颜色的情况下。这种混淆可能导致分割模型在类别边界处产生错误，从而降低了分割的准确性。针对特征混淆问题，Yin 等^[35]提出了一种判别性损失函数，可用于解决语义分割中的类别混淆问题，以提高实例分割性能。天空的识别偏差大部分出现在树干缝隙和树木衔接处。在建筑方面，HRNet V2 模型对建筑体块的识别效果较差，未能识别出建筑栏杆镂空区域及场地内的指标招牌等。

3.3 游径视角下梧林传统村落景观美景度分析

3.3.1 游览路线 1 分析 游览路线 1 为梧林传统古村落的“意南洋”主题体验动线，按照各景观节点的空间特征，对 29 张精选景观图像进行景观美景度评价，评价结果如表 3 所示。

表 3 游览路线 1 景观美景度的评价结果
Tab. 3 Evaluation results of scenic beauty for tour route 1

| 照片编号 | 景观美景度 | 照片编号 | 景观美景度 | 照片编号 | 景观美景度 |
|------|--------|------|--------|------|--------|
| AP1 | 0.036 | BP5 | 0.110 | DP3 | −0.082 |
| AP2 | −0.163 | BP6 | 0.011 | DP4 | −0.098 |
| AP3 | 0.060 | CP1 | −0.013 | DP5 | −0.029 |
| AP4 | 0.029 | CP2 | 0.062 | EP1 | 0.007 |
| AP5 | −0.070 | CP3 | 0.112 | EP2 | −0.034 |
| AP6 | −0.093 | CP4 | −0.009 | EP3 | −0.068 |
| BP1 | 0.219 | CP5 | 0.112 | EP4 | 0.031 |
| BP2 | 0.109 | CP6 | 0.052 | EP5 | 0.106 |
| BP3 | 0.063 | DP1 | −0.023 | EP6 | 0.035 |
| BP4 | 0.134 | DP2 | 0.022 | | |

由表 3 可知以下 3 点结论。
1) 聚宝池至忠正楼(BP1~BP6)路段的总体景观美景度评分最高，说明该路段景观类型丰富、空间可达性高、天空开阔度高及绿植整齐度高的景观更受游客喜爱，该类区域的休憩功能设置较好，有清澈的河湖溪，能够提供给游客可观、可游、可憩的景观空间。

2) 德兜楼至侨批馆(DP1~DP5)路段的景观美景度值最低，该路段的街巷空间较为狭窄，游览路线标识不够清晰，可达性较低，说明该路段的景观视觉质量较低，表明该空间乡村旅游景观的观赏性和体验性未能满足游客期望。乡村文旅空间的景观设计中应能提供给游客清晰的标识系统指明主要的游览点，道路规划需合理提高空间的可达性，才能提供给游客高质量且舒适的视觉游览体验。

3) 朝东楼至聚宝池(AP1~AP6)和侨批馆至枪楼(EP1~EP6)这两个路段景观美景度波动较大，表明游客对这些景观的旅游体验能够达到预期，游客的游前期望与游后体验感知评价较弱。五层厝至德兜楼(CP1~CP4)路段的美景度值较为稳定，说明该景观空间的个体特色明显，具有不断形成新的视觉刺激物的前提条件，这有助于游览者视觉寻找机制的展开^[36]。

3.3.2 游览路线 2 分析 游览路线 2 为梧林传统古村落的“醉闽南”主题体验动线，按照各景观节点的空间特性，对 32 张精选景观图像进行景观美景度评价，结果如表 4 所示。由表 4 可知以下 3 点结论。

1) 胸怀祖国楼至德兜楼(HP1~HP7)路段区域包括明德宅、怀纪宅、顺德厝等文旅空间，该路段的景观视觉质量评分最高，说明乡村文旅空间中环境整齐且通视性高的景观空间更受游客喜爱，该区域的景观视觉质量最高。

2) 居委会至宗祠(GP1~GP11)路段的景观美景度值波动较大，该路段由于梧林传统古村落旅游业发展后，成为游客服务的商业性街道，虽在建筑的材料色彩上保存了当地的传统地域特征，但是沿街的建筑空间基本设置成商业店铺，街巷的特征发生了明显的转变，当村落街巷空间环境杂乱无章，则呈现出的景观面貌与功能低于大众的需求时，游客的喜爱度会因此而下降。

3) “醉闽南”路线入口步道与德抹宅(游客中心)至居委会(FP1~FP8)路段，及与旧村委会至联泰

厝(YP1~YP6)路段的景观美景度较低,可见这两个路段的周边景色较差,休憩功能和导视系统未设置全面,且路段步道两侧区域绿视率过低,使该路段的景观视觉质量低下,从而影响游客的体验感。

表 4 游览路线 2 景观美景度的计算结果

Tab. 4 Calculation results of scenic beauty for tour route 2

| 照片编号 | 景观美景度 | 照片编号 | 景观美景度 | 照片编号 | 景观美景度 |
|------|--------|------|--------|------|--------|
| FP1 | −0.051 | GP4 | −0.017 | HP4 | 0.116 |
| FP2 | −0.098 | GP5 | 0.081 | HP5 | 0.129 |
| FP3 | −0.075 | GP6 | 0.062 | HP6 | 0.025 |
| FP4 | −0.063 | GP7 | 0.179 | HP7 | 0.048 |
| FP5 | −0.062 | GP8 | −0.044 | YP1 | −0.039 |
| FP6 | −0.019 | GP9 | −0.094 | YP2 | 0.120 |
| FP7 | 0.061 | GP10 | −0.088 | YP3 | −0.043 |
| FP8 | −0.045 | GP11 | −0.050 | YP4 | −0.018 |
| GP1 | 0.076 | HP1 | 0.056 | YP5 | −0.004 |
| GP2 | −0.020 | HP2 | 0.004 | YP6 | −0.066 |
| GP3 | −0.108 | HP3 | 0.049 | | |

3.3.3 梧林传统村落优弱样地景观美景度值分析 2 条游览路线的美景度值经过 K-S 检验,结果均服从正态分布($D=0.610,P=0.200>0.05$),满足进一步分析和建模的要求^[37]。在 2 条游览路线筛选出的 61 张梧林传统古村落景观照片中,景观美景度评分都不超过 1,可以看出梧林传统古村落的景观视觉质量较为普通,还有很高的提升价值。

受游客喜爱度较高的景观照片编号为 BP1,GP7 和 BP4,根据美景度问卷评分得到这 3 张景观照片的景观美景度分别 0.219,0.179,0.134;根据图像语义分割结果,这 3 张景观照片的天空开阔度分别为 30.86%,26.67%,38.40%,绿视率分别为 35.41%,28.32%,40.75%,这 3 张景观空间沿街的建筑都具有明显地域特征,场景色彩较为和谐,同时整体视觉效果协调有序,空间环境可进入性都较为通透,植物的遮阳效果好,并且游径设施要素符号化、空间关系情境化。

游客对景观照片 AP2,GP3 和 AP6 的景观美景度评价最低,分别为 −0.163,−0.108,−0.093,其共同点为空间景观设施过于单调,铺装形式单一,植被枯燥无良好的荫蔽效果,植物色彩大多以大面积的绿色为主、色彩较为乏味,同时空间存在不协调、混乱的视觉效果。梧林传统古村落景观美景度最高和最低的景观照片,如图 5,6 所示。



图 5 景观美景度最高的景观照片

Fig. 5 Landscape photo with highest scenic beauty



图 6 景观美景度最低的景观照片

Fig. 6 Landscape photo with lowest scenic beauty

3.4 景观美景度评价多元线性回归模型建立

3.4.1 评价模型建立 将灰色统计分析初选的 15 个景观要素进行量化赋值,量化方式如表 5 所示,并以美景度标准化值作为因变量,各景观要素值作为自变量来构建美景度模型。

在建模过程中,为保证模型的可靠性和有效性,先通过逐步回归方法剔除与美景度值不显著相关的景观要素,保留贡献较大因子。逐步回归分析研究 X (自变量,通常为量数据)对 Y (因变量,定量数据)的影响关系情况,逐步回归模型分析步骤如下。

- 1) 对模型情况进行分析。分析最终余下变量 X 的情况,以及被模型自动排除在外的变量。
- 2) 对模型拟合情况。若模型拟合后得到的决定系数 R^2 为 0.3 时,说明所有余下变量 X 可以解释 Y 中 30%的变化原因;若方差膨胀系数(VIF)小于 5,则说明模型无多重共线性。
- 3) 分析 X 的显著性。模型余下的变量 X 一定具有显著性,具体分析 X 的影响关系。

4) 判断 X 对 Y 的影响关系。回归系数 B 值大于 0,说明 X 对 Y 为正向影响;反之,则说明 X 对 Y 为负向影响。

表 5 梧林传统古村落景观要素的量化方式

Tab. 5 Quantification of landscape elements of Wulin traditional ancient villages

| 变量 | 景观要素 | 赋值 | 量化方法 |
|----------|------------|----------------------|-------------|
| X_1 | 天空开阔度 | 图像中天空的面积占比 | 图像语义分割 |
| X_2 | 视觉复杂度 | 视觉熵 | Matlab 软件处理 |
| X_3 | 空间色彩丰富度 | 色彩因子叠加视觉熵 | Matlab 软件处理 |
| X_4 | 村落景观道路占比 | 图像中道路的面积占比 | 图像语义分割 |
| X_5 | 绿视率 | 图像中植被的面积占比 | 图像语义分割 |
| X_6 | 树木种植占比 | 图像中树木的面积占比 | 图像语义分割 |
| X_7 | 植物生长程度 | 植物景观中衰败、枯枝情况,有=0,无=1 | 赋值统计 |
| X_8 | 土壤裸露度 | 图像中裸露土壤的面积占比 | 图像语义分割 |
| X_9 | 山水形态占比度 | 图像中山水的面积占比 | 图像语义分割 |
| X_{10} | 传统乡村建筑占比 | 图像中传统乡村建筑占比 | 图像语义分割 |
| X_{11} | 乡村传统建筑色彩占比 | 图像中乡村传统色彩占比 | 图像语义分割 |
| X_{12} | 铺装占比 | 图像中的铺装占比 | 图像语义分割 |
| X_{13} | 铺装类型 | 砖石=0,木头=2 | 赋值统计 |
| X_{14} | 游憩设施占比 | 图像中设施的面积占比 | 图像语义分割 |
| X_{15} | 游览导向占比 | 图像中游览导向的面积占比 | 图像语义分割 |

通过逐步回归方法得到与美景度显著相关的景观要素,如表 6 所示。表 6 中: t 为统计量;“* *”表示 $P<0.01$;“* * *”表示 $P<0.05$ 。经过模型的自动识别,最终得到了天空开阔度、村落景观道路占比、绿视率、土壤裸露度、传统乡村建筑占比、乡村传统建筑色彩占比、铺装占比等 7 个景观要素与美景度显著相关。

表 6 逐步回归显著相关的景观要素

Tab. 6 Gradually regress significantly correlated landscape elements

| 变量 | B | 标准误 | 标准化系数 | t | P | VIF |
|----------|--------|-------|--------|--------|----------|-------|
| X_1 | 0.009 | 0.002 | 0.375 | 4.041 | 0.000*** | 1.568 |
| X_4 | 0.003 | 0.001 | 0.239 | 2.522 | 0.015** | 1.638 |
| X_5 | 0.008 | 0.004 | 0.179 | 2.139 | 0.037** | 1.280 |
| X_8 | -0.004 | 0.001 | -0.254 | -3.340 | 0.002*** | 1.055 |
| X_{10} | -0.007 | 0.002 | -0.257 | -3.286 | 0.002*** | 1.116 |
| X_{11} | -0.097 | 0.031 | -0.253 | -3.115 | 0.003*** | 1.199 |
| X_{12} | 0.003 | 0.001 | 0.216 | 2.505 | 0.015** | 1.357 |

通过逐步回归模型筛选出重要景观因子,为更直接地反映梧林传统古村落文旅空间的景观美景度与各个景观要素的关系,构建美景度评价多元线性回归模型,线性回归分析结果,如表 7 所示。建立梧林传统古村落文旅空间景观美景度的多元线性回归模型方程为

$SBE=0.281+0.009X_1-0.004X_4-0.003X_5+0.010X_8+0.003X_{10}+0.002X_{11}-0.001X_{12}$ 。

表 7 多元线性回归分析结果

Tab. 7 Results of multiple linear regression analysis

| 变量 | B | 标准误差 | 标准化系数 | t | P | VIF |
|----------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|
| 常数 | 0.281 | 0.072 | — | 3.922 | 0.000 | — |
| X_1 | 0.009 | 0.002 | 0.387 | 3.875 | 0.000 | 1.584 |
| X_4 | -0.004 | 0.002 | -0.172 | -2.069 | 0.043 | 1.101 |
| X_5 | -0.003 | 0.001 | -0.199 | -2.404 | 0.020 | 1.091 |
| X_8 | 0.010 | 0.004 | 0.235 | 2.663 | 0.010 | 1.235 |
| X_{10} | 0.003 | 0.001 | 0.233 | 2.297 | 0.026 | 1.640 |
| X_{11} | 0.002 | 0.001 | 0.149 | 1.663 | 0.202 | 1.274 |
| X_{12} | -0.001 | 0.001 | -0.112 | -1.334 | 0.088 | 1.128 |

3.4.2 评价模型检验 对通过 SPSS 25.0 软件建立的多元线性回归模型进行检验,统计检验包括 R^2 检验、德宾-沃森(DW)检验、 F 检验和因子的 t 检验、置信区间等。多元线性回归模型检验结果,如表 8 所示。表 8 中: E_{RMS} 为模型误差。由表 8 可知:模型的 $R^2>0.6$,说明模型的拟合度好;DW 为 1.780,表明各变量之间无自相关现象。

表 8 多元线性回归模型检验结果
Tab.8 Test results of multiple linear regression model

| R | R^2 | 调整 R^2 | E_{RMS} | DW |
|-------|-------|----------|------------------|-------|
| 0.817 | 0.667 | 0.623 | 0.119 | 1.780 |

模型方差分析结果,如表 9 所示。由表 9 可知: F 检验结果为 15.164, $P=0.000<0.05$,说明模型构建有意义,多元线性回归模型具有统计学意义。

表 9 模型方差分析结果
Tab.9 Analysis results of model variance

| 项目 | 平方和 | df | 均方 | F | P |
|----|-------|----|-------|--------|-------|
| 回归 | 1.720 | 7 | 0.246 | 15.164 | 0.000 |
| 残差 | 0.859 | 53 | 0.016 | — | — |
| 总计 | 2.579 | 60 | — | — | — |

3.5 游径视角下景观要素对梧林传统古村落美景度影响机制

采用游客游径感知视角下的图像,根据图像语义识别,可构建一个量化测试内容的评价体系,根据美景度的多元线性回归模型确定 7 个景观要素,可知天空开阔度、土壤裸露度、传统乡村建筑占比、乡村传统建筑色彩占比与景观美景度呈显著的正相关关系,村落景观道路占比、绿视率、铺装占比与景观美景度呈负相关关系。从 7 个影响显著的景观要素出发,根据它们的影响力程度,提出传统村落文旅空间景观质量改善策略。

3.5.1 正相关因素分析 天空开阔度、土壤裸露度、传统乡村建筑占比、乡村传统建筑色彩占比与景观美景度呈显著的正相关关系,说明这 4 个要素能够提升公众对传统村落景观的审美喜好,公众对景观的喜好度也会随着这 4 个景观要素设计内容的提高而提升。

研究显示,土壤裸露度对景观梧林传统古村落的景观美景度影响最大。自然景观通常被认为具有美学价值,人们欣赏自然的美丽,也包括低土壤裸露度景观的视觉吸引力。相比裸露的土地,游客更加偏爱多样化的绿化元素,如灌木丛、草本植物、花卉、低矮绿篱等,低裸露度的景观通常被认为更加自然和美丽。覆盖植被和植物可以增加景观的绿色元素,使其看起来更生机勃勃和宜人。

乡村传统建筑色彩占比与景观美景度高度相关,乡村传统建筑色彩是传统村落风貌的重要部分,是传统文化的载体,优良的色彩能强化地域特色,营造易于识别且具有较强表现力的村落形象,尤其是传统村落更易形成特征鲜明的色彩景观。闽南独具特色的“红砖白石”形成“闽南红”的乡土色彩风格,被称为红砖文化区,彰显了与其他地域不同的色彩个性^[38]。

天空开阔度与梧林传统古村落的景观美景度呈显著正相关,表明梧林传统古村落的建筑密度较低,天空开阔度大。低密度地区通常提供更多的生活空间,开阔的天空通常与积极的情感和视觉愉悦相关,开阔的天空视野让人感到舒适和放松,无边际的蓝天或广阔的视野可以减轻人们的压力,让人感到宽敞和自在。

3.5.2 负相关因素分析 绿视率、村落景观道路占比、铺装占比与景观美景度模型呈负相关关系。植被对景观视觉质量影响体现在绿视率上。研究发现,梧林传统古村落的植被覆盖率较低。绿色是一种生机勃勃的颜色,可以提供视觉上的愉悦和多样性,大自然中的绿植有助于减轻压力和提高心理健康,缺乏绿色的地方,人们可能感到视觉上的枯燥,显得单调和乏味。

乡村道路的影响则体现在村落景观道路占比和铺装占比这 2 个景观要素上。乡村道路是乡村景观环境重要的基础设施,铺装有助于维护卫生条件,减少尘土和垃圾的堆积。没有足够的铺装可能导致环境不洁,增加文旅空间垃圾处理和清洁难度。在以往的美景度研究中,常常忽视铺装占比对公众审美的影响。研究发现,乡村道路面积比例偏高、道路间距过大及缺乏道路景观设计的景观空间减低了游客感

知的视觉美感。大面积的道路使乡村景观显得单调、缺乏变化,这可能减弱人们的视觉兴趣和满足感。相对较少的自然元素和景观特征可能使人感到乏味,因此,需提高道路场景的视觉观赏性。

4 结论

以梧林传统古村落的 2 条游览路线景观空间节点为研究对象,采用灰色统计分析法筛选传统古村落文旅空间的景观要素,引入图像语义分割法,定量剖析空间各类要素占比,有助于深入研究游客感知聚焦的所在空间主要场景特征,更为精确地理解图像场景与内容,为传统村落美景度评价提供场景量化工具和更客观的数据支持;引入美景度评价法,以游客的感知审美为评判依据,分析游客在游径视觉感知下对传统村落文旅空间景观的审美偏好。最终构建梧林传统古村落美景度评价的多元线性回归模型,为乡村景观综合评价研究和应用提供一定的借鉴。主要得到如下 3 点结论。

1) 逐步回归模型的计算结果显示,游客对梧林传统古村落文旅空间景观质量的直观感知与天空开阔度、土壤裸露度、传统乡村建筑占比、乡村传统建筑色彩占比、村落景观道路占比、绿视率、铺装占比 7 个景观要素息息相关,其中,天空开阔度、土壤裸露度、传统乡村建筑占比、乡村传统建筑色彩占比与景观美景度呈显著正相关关系,而村落景观道路占比、绿视率、铺装占比与景观美景度呈负相关关系。

2) 美景度的多元线性回归模型分析结果显示,对梧林传统古村落美景度的贡献程度由大到小的景观要素分别为天空开阔度(0.387)>土壤裸露度(0.235)>传统乡村建筑占比(0.233)>乡村传统建筑色彩占比(0.149)>铺装占比(-0.112)>村落景观道路占比(-0.172)>绿视率(-0.199)。

美景度评价得分高的场景特征要素占比为天空开阔度 26%~50%,土壤裸露度 2%~5%,传统乡村建筑 10%~30%;最突出特征为场地空间有湖景和植被、具有历史和文化价值的建筑文旅空间景观节点。美景度评价得分低的场景最突出特征为植被种类单一、道路设施风格与周围景观不协调、空间尺度感过大。

3) 梧林传统古村落文旅空间景观质量存在明显空间分异,主要受空间要素、自然要素、建筑要素的共同影响。

在空间景观要素中,天空开阔度对梧林传统古村落的景观美景度呈显著正相关,一定程度上反映了梧林传统古村落文旅空间建筑密度低的特点,表明开阔的天空通常与积极的情感和视觉愉悦相关;在自然景观要素中,对梧林传统古村落文旅空间景观质量美景度影响程度最高的是土壤裸露度,土壤裸露度低的景观空间美景度相对较高;在建设景观要素中,乡村传统建筑色彩占比与景观美景度高度相关,梧林传统古村落中历史文化建筑保留的风貌品质较高,空间中的建筑整体上视觉协调统一。

基于乡村景观图像开展的乡村文旅空间景观质量评价,是从乡村文旅空间景观的角度对旅游地区域空间结构差异进行量化的积极探索。随机抽取 4 张景观图像进行 I_{∞} 验证,得到 HRNet V2 模型对天空、建筑、道路的识别精度分别为 93.83%、86.57%、81.55%,总体精准度达到 87.60%,满足实验要求,表明该方法可以准确获取景观要素比例,为评价模型提供了客观的数据支持。因此,未来在规划建设历史村落中,可通过引入图像语义分割方法实现场景量化,为美景度评价提供更准确的数据支撑。对梧林传统古村落的景观质量建设与再造提出以下 3 点建议。

1) 在空间景观要素方面,注重合理规划和设计文旅空间景观。针对不同区域的景观特质,提取村落特色地域文化与地方特色相符的材料和元素构建地方特色景观小品,考虑文旅空间可见性、访问性和与周围环境的融合程度。在景观中引入水体,通过水体反映天空,增加视觉上的广度感。避免在开阔天空区域设置高墙或建筑物,使游客视线自由流通,以此构建天空开阔的文旅空间。

2) 在自然景观要素方面,保持文旅空间景观的自然性尤为重要,需综合考虑生态、美学及可持续性的因素。根据植物特性进行合理布局,避免过于拥挤或不平衡的景观。植物搭配需考虑季节等变化,进行合理的植物搭配及植被的覆盖率^[39];同时,可使用植物来定义景观的边界和结构,高大的树木可提供天际线,低矮的植物可填补底层,以增强景观视觉吸引力。

3) 在建设景观要素方面,乡村中通常存在一些具有时代特色、地域特色、纪念意义的建筑物。在保护乡村传统建筑方面,应及早维护建筑物关键部位,避免进一步的腐蚀和损坏;以建筑为媒,将原有的传统建筑保留,纳入文化旅游路线,增强梧林传统古村落文旅空间景观的独特性与标志性。在道路景观规

划中,可充分利用当地的自然景观和历史人文资源,将其融入到道路景观的主题设计中。在选择道路路基材料时,需考虑自然条件、道路类型等因素,以确保铺装材料的选择能够提升游客的审美体验。

乡村旅游的高质量发展与乡村文旅空间景观密不可分,拥有高视觉质量的乡村文旅空间景观不仅是构建乡村旅游吸引力的关键因素之一,还有助于满足游客多元化的审美体验需求。乡村旅游的主要体验者为游客,游客的感知和评价对于景观的改进尤为重要。对于梧林传统古村落的乡村文旅空间景观美景度整体评价结果显示,梧林传统古村落的景观美景度较弱,因此,在后续建设乡村文旅空间的设计过程中,需要特别关注空间景观、自然景观、建设景观及相关的景观要素。

参考文献:

[1] 郭苏明,冯美玲.基于游客感知的乡村景观评价因子分析:以苏州市树山村为例[J].西北林学院学报,2022,37(1):253-258. DOI:10.3969/j.issn.1001-7461.2022.01.38.

[2] 李渊,黄竞雄,李莹.海岛旅游地国土空间开发适宜性评价与优化策略:以普陀山为例[J].城市建筑,2021,18(4):39-44. DOI:10.19892/j.cnki.csjz.2021.04.09.

[3] 何疏悦,程敏,石依卉,等.游径视角下国家公园的空间表征:以美国国家公园为例[J].中国园林,2023,39(3):53-59. DOI:10.19775/j.cla.2023.03.0053.

[4] 张琳,杨珂,刘滨谊,等.基于游客和居民不同视角的江南古镇景观地域特征感知研究:以同里古镇为例[J].中国园林,2019,35(1):10-16. DOI:10.3969/j.issn.1000-6664.2019.01.003.

[5] 丛昕,殷敏,丁绍刚,等.游客视角的中国古典园林景点热度感知评价与传播途径研究:以苏州古典园林留园为例[J].中国园林,2021,37(8):56-61. DOI:10.19775/j.cla.2021.08.0056.

[6] 李鑫,吴丹子,李惊,等.基于深度学习的城市滨河绿道景观视觉感知评价研究[J].北京林业大学学报,2021,43(12):93-104. DOI:10.12171/j.1000-1522.20210175.

[7] 黄竞雄,梁嘉祺,杨盟盛,等.基于街景图像的旅游地街道空间视觉品质评价方法[J/OL].地球信息科学学报(2022-12-23)[2023-09-19]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5809.p.20221219.0958.002.html>.

[8] 陈洁菡,郎富平,沈实现.旅游开发视角下乡村景观营建对策研究[J].浙江树人大学学报(自然科学版),2018(3):40-45.

[9] 张军以,周奉,王腊春.乡村旅游视野下乡土景观的界定、保护与发展问题辨析[J].资源开发与市场,2018(10):1462-1465.

[10] 王秋鸟,邓华峰.基于AVC的乡村景观综合评价研究:以三岔村为例[J].西北林学院学报,2016,31(3):298-303. DOI:10.3969/j.issn.1001-7461.2016.03.52.

[11] KESHTKAR M,MOBARGHAE N,SAYAYAHNIA R,*et al.* Landscape ecological security response to urban growth in Southern Zagros biome, Iran[J]. Ecological Indicators,2023,154:110577. DOI:10.1016/j.ecolind.2023.110577.

[12] PEARSON D M,GORMAN J T. Exploring the relevance of a landscape ecological paradigm for sustainable landscapes and livelihoods: A case-application from the Northern Territory Australia[J]. Landscape Ecology,2010,25:1169-1183 DOI:10.1007/s10980-010-9498-6.

[13] 华伟平,陈白璧,李宝银,等.福建山区乡村旅游地空间分异及其影响因素研究[J].福建师范大学学报(自然科学版),2019,35(5):98-105. DOI:10.12046/j.issn.1000-5277.2019.05.015.

[14] 杨秀成,宋立中,王倩.中国乡村旅游创客基地时空分异及可持续发展机制研究[J].福建师范大学学报(自然科学版),2021,37(3):106-116. DOI:10.12046/j.issn.1000-5277.2021.03.014.

[15] 李遥,骆培聪,李瑞莹.基于地理标记照片的厦漳泉地区游客空间分布特征研究[J].福建师范大学学报(自然科学版),2020,36(2):93-100. DOI:10.12046/j.issn.1000-5277.2020.02.012.

[16] 苏志明.梧林传统古村落的特色建筑[J].建筑,2018(17):42-43.

[17] 程惠珊,尤达,刘群阅,等.嵩口古镇小气候与游览路径空间特征之关系研究[J].中国园林,2020,36(6):83-88. DOI:10.19775/j.cla.2020.06.0083.

[18] 李宇奇,罗奕爽,黎燕琼,等.基于AHP法的乡村景观质量评价体系构建:以川西林盘为例[J].西北林学院学报,2018,33(2):263-268. DOI:10.3969/j.issn.1001-7461.2018.02.43.

[19] QI Wei,LI Mimi,XIAO Honggen,*et al.* Study on the influence of tourists' value on sustainable development of Huizhou traditional villages: A case of Hongcun and Xidi[C]//3rd International Conference on Energy Resources

and Sustainable Development. [S. l.]:EDP Sciences,2021:03007. DOI:10. 1051/e3sconf/202123603007.

[20] BROWN G,KYTTÄ M. Key issues and research priorities in public participation GIS (PPGIS): A synthesis based on empirical research[J]. Applied Geography,2014,46:1-12. DOI:10. 1016/j. apgeog. 2013. 11. 004.

[21] 孟世玉,杨芳绒,李卓,等. 广西乡村景观村民满意度评价及障碍因子分析:以北流市北部乡村为例[J]. 中国园林,2022,38(9):87-92. DOI:10. 19775/j. cla. 2022. 09. 0087.

[22] 黄莹莹,谈石柱,陈倩婷,等. 基于景观特征识别和评价的乡村景观营造模式[J]. 浙江农林大学学报,2022,39(4):894-901. DOI:10. 11833/j. issn. 2095-0756. 20210644.

[23] 孙滴南,赵芯,王宇泓,等. 基于 VR 全景图技术的乡村景观视觉评价偏好研究[J]. 北京林业大学学报,2016,38(12):104-112. DOI:10. 13332/j. 1000-1522. 20160261.

[24] 张茜,刘文平,宇振荣. 乡村景观特征评价方法:以长沙市乔口镇为例[J]. 应用生态学报,2015,26(5):1537-1547. DOI:10. 13287/j. 1001-9332. 20150302. 016.

[25] 李丽凤,蔡双娇,刘文爱,等. 基于灰色统计分析的北海市红树林景观美景度评价与估算[J]. 湿地科学,2020,18(3):313-319. DOI:10. 13248/j. cnki. wetlandsci. 2020. 03. 007.

[26] 邓聚龙. 灰理论基础[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2002.

[27] 梁新宇,罗晨,权冀川,等. 基于深度学习的图像语义分割技术研究进展[J]. 计算机工程与应用,2020,56(2):18-28. DOI:10. 3778/j. issn. 1002-8331. 1910-0300.

[28] SUN Ke,ZHAO Yang,JIANG Borui,*et al.* High-resolution representations for labeling pixels and regions[EB/OL]. (2019-04-09)[2023-09-19]. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1904.04514>.

[29] ZHOU Bolei,ZHAO Hang,PUIG X,*et al.* Semantic understanding of scenes through the ADE20K dataset[J]. International Journal of Computer Vision,2019,127:302-321. DOI:10. 1007/s11263-018-1140-0.

[30] 李小江,蔡洋,卡洛·拉蒂. 基于街道图像与深度学习的城市景观研究[J]. 景观设计学,2018,6(2):20-29.

[31] 周潇夫. 园林工程项目质量评价体系研究 [D]. 杭州:浙江理工大学,2021.

[32] FRANK S,FUERST C,KOSCHKE L,*et al.* Assessment of landscape aesthetics-validation of a landscape metrics-based assessment by visual estimation of the scenic beauty[J]. Ecological Indicators,2013,32:222-231. DOI:10. 1016/j. ecolind. 2013. 03. 026.

[33] 李哲,宋爽,何钰昆. 基于美景度评价法(SBE)的当代新中式景园材质建构研究[J]. 中国园林,2018,34(11):107-112. DOI:10. 3969/j. issn. 1000-6664. 2018. 11. 022.

[34] 周阳超,王瑞辉,周璞,等. 基于 SBE 法的湖南大围山白檀林春季景观质量评价[J]. 西北林学院学报,2019,34(2):257-262. DOI:10. 3969/j. issn. 1001-7461. 2019. 02. 39.

[35] YIN Guojun,SHENG Lu,LIU Bin,*et al.* Zoom-Net: Mining deep feature interactions for visual relationship recognition[EB/OL]. (2018-07-13)[2023-09-19]. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1807.04979>.

[36] 毕芳菲,刘加平,蒯宝钢. 基于景观视觉吸引的文旅空间建设策略研究:以关中历史文化街区为例[J]. 中国园林,2023,39(2):84-89. DOI:10. 19775/j. cla. 2023. 02. 0084.

[37] 魏晖,李婷婷,张蒙静,等. 秦皇岛海滨公园风景林景观质量评价与影响因素分析[J]. 西部林业科学,2022,51(3):145-151. DOI:10. 16473/j. cnki. xblykx1972. 2022. 03. 020.

[38] 朱晓玥,张华荣,兰思仁,等. 基于量化分析和公众感知的传统村落色彩景观优化研究:以闽南蟳埔村为例[J]. 华中师范大学学报(自然科学版),2020,54(1):50-59. DOI:10. 19603/j. cnki. 1000-1190. 2020. 01. 009.

[39] 余侃华,张文婷,任怡康,等. 黄土台塬区农村道路生态化模式建构及设计应对探究:以宝鸡市金台区北坡路域生态整治为例[J]. 中国园林,2022,38(6):45-50. DOI:10. 19775/j. cla. 2022. 06. 0045.

(责任编辑:黄晓楠 英文审校:刘源岗)